



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08202679 A**(43) Date of publication of application: **09 . 08 . 96**

(51) Int. Cl. **G06F 17/00**
B25J 5/00
G05B 13/02
G05B 19/4155
G05D 1/02
G06F 15/18
// A63H 3/33

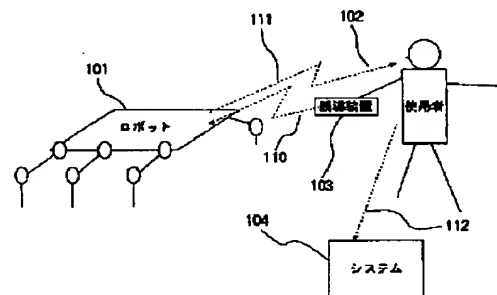
(21) Application number: **07008487**(22) Date of filing: **23 . 01 . 95**(71) Applicant: **SONY CORP**(72) Inventor: **FUJITA MASAHIRO**(54) **ROBOT**

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a robot to which a function that makes a user positively participate in or assist the learning and growth of the robot is added.

CONSTITUTION: The user makes the robot 101 learn or grow by using a guide device 103. The robot 101 informs the user 102 of information 11 when the learning advances to a specific state. When the user 102 sends information 112 to a 2nd system 104 by using the information 111, the system 104 outputs a specific video signal or audio signal to provide the user 102 amusement information of video, music, speech, etc.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-202679

(43) 公開日 平成8年(1996)8月9日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 17/00				
B 2 5 J 5/00	Z			
G 0 5 B 13/02	L	9131-3H		
		9168-5L		
			G 0 6 F 15/ 20	
			G 0 5 B 19/ 403	V
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 21 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-8487

(22) 出願日 平成7年(1995)1月23日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 藤田 雅博

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

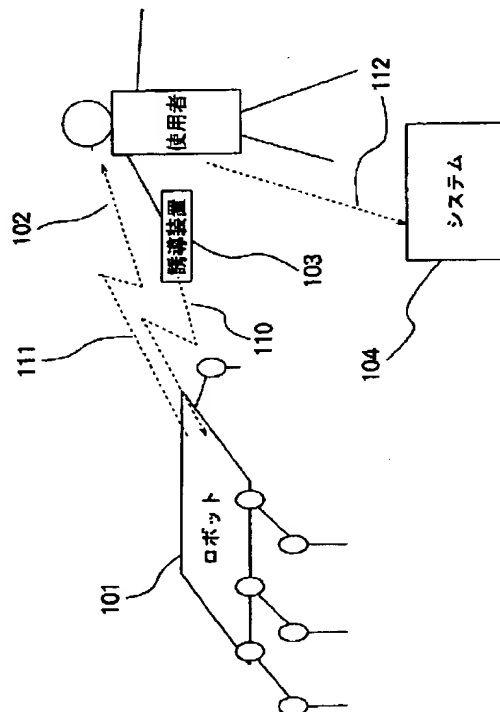
(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

(54) 【発明の名称】 ロボット

(57) 【要約】

【目的】 使用者を積極的にロボットの学習・成長に参加させ、あるいは、手助けさせることを促す機能を付加したロボットを提供する。

【構成】 使用者102は、誘導装置103を用いてロボット101を学習あるいは成長させる。ロボット101は、所定の状態まで学習が進むと、使用者102に情報111を知らせる。使用者102が情報111を用いて第2のシステム104に情報112を伝え、システム104は所定のビデオ信号あるいはオーディオ信号を出力して、使用者102に映像や音楽・音声等の娯楽情報を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の動作を行う駆動手段と、外部からの刺激信号を順次、受信する刺激信号受信手段と、前記刺激信号受信手段が受信した前記刺激信号に基づいて、前記駆動手段それぞれの動作を順次、変更する位相変更手段と、

予め設定された所望の動作と、変更された前記駆動手段の動作との一致を検出する一致検出手段と、前記一致検出手段により前記 2 つの動作の一致が検出された場合に、所定の出力信号を出力する信号出力手段と、前記出力信号に基づいて、所定の情報を提供する情報提供手段とを有するロボット。

【請求項 2】 前記駆動手段は複数であって、それぞれ独立した動作位相で動作し、前記位相変更手段は、前記刺激信号受信手段が受信した前記刺激信号に基づいて、前記複数の駆動手段それぞれの動作位相を順次、変更し、前記一致検出手段は、前記複数の駆動手段それぞれに対応して予め設定された所望の動作位相と、変更された前記複数の駆動手段それぞれの動作位相との一致を検出し、前記信号出力手段は、前記一致検出手段により前記 2 つの動作位相の一致が検出された場合に、所定の出力信号を出力する請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 3】 前記複数の駆動手段は複数であって、それぞれ独立した動作位相で動作して当該ロボットを移動させ、前記位相変更手段は、前記刺激信号受信手段が受信した前記刺激信号に基づいて、前記複数の駆動手段それぞれの動作位相を順次、変更し、前記一致検出手段は、前記駆動手段の動作位相が変更された後の当該ロボットの移動の軌跡と、予め設定された所望の当該ロボットの移動の軌跡との一致を検出し、前記信号出力手段は、前記一致検出手段により前記 2 つの軌跡の一致が検出された場合に、所定の出力信号を出力する請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 4】 前記位相変更手段は、所定の時間経過に対応して前記動作位相の変更を行う請求項 2 または 3 に記載のロボット。

【請求項 5】 前記位相変更手段は、前記刺激信号受信手段が受信した刺激信号を計測する測定手段をさらに有し、前記計測手段により計測された前記刺激信号の特徴に対応づけて前記動作位相の変更を行う請求項 2 ～ 4 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 6】 前記刺激信号受信手段は、前記刺激信号として、電磁波、音波、磁気、温度、湿度または当該ロボットへの接触、または、これらの任意の組み合わせを受

信する請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 7】 前記駆動手段は、前記動作位相に応じて動力を発生するアクチュエータである請求項 2 ～ 6 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 8】 前記信号出力手段は、音響信号の形式で前記出力信号を出力する請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 9】 前記信号出力手段は、視覚信号の形式で前記出力信号を出力する請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 10】 前記情報提供手段は、コンピュータ制御の電子機器である請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 11】 前記情報提供手段は、視覚信号および音響信号、またはこれらのいずれかの形式で前記所定の情報を提供する請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 12】 前記信号出力手段は、前記情報提供手段に前記所定の情報を提供させるために必要なデータを含む前記出力信号を出力する請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 13】 前記所定の情報はスクランブルされており、前記信号出力手段は、前記所定の情報をデスクランブルするために必要なデータを含む前記出力信号を出力する請求項 1 ～ 12 のいずれかに記載のロボット。

【請求項 14】 前記所定の情報をデスクランブルするために必要なデータは、信号出力手段から情報提供手段に対して直接伝送される請求項 13 に記載のロボット。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、ロボットの学習および成長の過程、あるいは、その結果を理解したり楽しんだりするロボットに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来からロボットの研究分野において、ロボットがボールをゴールへ運ぶ等の行動を獲得するための学習方法などが研究されている。また、「特開平 2 - 5 4 3 0 4 号公報（非線形システム学習制御装置）」に開示されるように、ロボットアーム等の制御対象が非線形な要素を含む場合であっても、フィードバック制御を用いて制御対象に要求する応答をさせることができる非線形システム学習制御方法が従来から知られている。また、魚の集団行動や繁殖、捕食などといった行動を予め設定し、コンピュータシミュレーションにより魚の生態を研究したり、ゲームとして楽しんだりする方法も知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来技術により、実際のロボットを学習させ、成長させる過程を娯楽に用いる

10

20

30

40

50

ことができることができると推察される。しかし、従来技術よれば、ロボットの使用者は、その学習・成長過程を傍観者として楽しむことができるだけである。また、使用者がロボットに刺激等の情報を入力して学習・成長を助けることができる場合であっても、情報の入力に面倒である等の理由により、積極的にロボットの学習・成長を助けなくなってしまう可能性がある。

【0004】本発明は以上述べた従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、実際のロボットが学習・成長する過程を使用者に見せることを娯楽あるいは教育として捉え、使用者にロボットの学習・成長を単純に楽しんでもらうだけでなく、使用者自身がその結果として新たな情報を得ることができるロボットを提供することを目的とする。また、本発明は、使用者を積極的にロボットの学習・成長に参加させ、あるいは、手助けさせることを促す機能を付加したロボットを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係るロボットは、所定の動作を行う駆動手段と、外部からの刺激信号を順次、受信する刺激信号受信手段と、前記刺激信号受信手段が受信した前記刺激信号に基づいて、前記駆動手段それぞれの動作を順次、変更する位相変更手段と、予め設定された所望の動作と、変更された前記駆動手段の動作との一致を検出する一致検出手段と、前記一致検出手段により前記2つの動作の一致が検出された場合に、所定の出力信号を出力する信号出力手段と、前記出力信号に基づいて、所定の情報を提供する情報提供手段とを有する。

【0006】好適には、前記駆動手段は複数であって、それぞれ独立した動作位相で動作し、前記位相変更手段は、前記刺激信号受信手段が受信した前記刺激信号に基づいて、前記複数の駆動手段それぞれの動作位相を順次、変更し、前記一致検出手段は、前記複数の駆動手段それぞれに対応して予め設定された所望の動作位相と、変更された前記複数の駆動手段それぞれの動作位相との一致を検出し、前記信号出力手段は、前記一致検出手段により前記2つの動作位相の一致が検出された場合に、所定の出力信号を出力する。

【0007】好適には、前記複数の駆動手段は複数であって、それぞれ独立した動作位相で動作して当該ロボットを移動させ、前記位相変更手段は、前記刺激信号受信手段が受信した前記刺激信号に基づいて、前記複数の駆動手段それぞれの動作位相を順次、変更し、前記一致検出手段は、前記駆動手段の動作位相が変更された後の当該ロボットの移動の軌跡と、予め設定された所望の当該ロボットの移動の軌跡との一致を検出し、前記信号出力手段は、前記一致検出手段により前記2つの軌跡の一致が検出された場合に、所定の出力信号を出力する。

【0008】好適には、前記位相変更手段は、所定の時

間経過に対応して前記動作位相の変更を行う。好適には、前記位相変更手段は、前記刺激信号受信手段が受信した刺激信号を計測する測定手段をさらに有し、前記計測手段により計測された前記刺激信号の特徴に対応づけて前記動作位相の変更を行う。好適には、前記刺激信号受信手段は、前記刺激信号として、電磁波、音波、磁気、温度、湿度または当該ロボットへの接触、または、これらの任意の組み合わせを受信する。

【0009】好適には、前記駆動手段は、前記動作位相に応じて動力を発生するアクチュエータである。好適には、前記信号出力手段は、音響信号の形式で前記出力信号を出力する。好適には、前記信号出力手段は、視覚信号の形式で前記出力信号を出力する。好適には、前記情報提供手段は、コンピュータ制御の電子機器である。

【0010】好適には、前記情報提供手段は、視覚信号および音響信号、またはこれらのいずれかの形式で前記所定の情報を提供する。好適には、前記信号出力手段は、前記情報提供手段に前記所定の情報を提供させるために必要なデータを含む前記出力信号を出力する。好適には、前記所定の情報はスクランブルされており、前記信号出力手段は、前記所定の情報をデスクランブルするために必要なデータを含む前記出力信号を出力する。好適には、前記所定の情報をデスクランブルするために必要なデータは、信号出力手段から情報提供手段に対して直接伝送される。

【0011】

【作用】複数の駆動手段は、例えばそれぞれ独立した位相で回転するサーボモータを有しており、それぞれ歩行用の足あるいは車輪等を動かして当該ロボットを移動させる。刺激信号受信手段は、例えば光信号等の形式で使用者が当該ロボットに対して入力する外部からの刺激信号を順次、受信する。位相変更手段は、前記複数の駆動手段それぞれを刺激信号受信手段が受信した刺激信号に基づいて制御し、複数の駆動手段それぞれの動作位相を順次、変更する。

【0012】一致検出手段は、複数の駆動手段それぞれに対応して予め設定された所望のサーボモータの回転位相（動作位相）と、変更された複数の駆動手段それぞれの動作位相とを比較し、これらの一致を検出する。信号出力手段は、所定の情報を得るために情報提供手段に入力すべきデータ、例えばキーワードを含む出力信号を出力して使用者に知らせる。情報提供手段は、例えば、使用者により入力されたキーワードが正しい場合に、提供すべき情報のスクランブルを解除して使用者に提供する。

【0013】

【実施例1】以下、本発明の第1の実施例を説明する。図1は、第1の実施例における本発明に係るロボット101の使用態様を示す図である。図1に示すように、使用者102は、誘導装置103を用いてロボット101

を学習あるいは成長させる。ロボット101は、所定の状態まで学習が進むと、使用者102に情報111を知らせる。

【0014】使用者102が情報111を用いて第2のシステム104に情報112を伝え、システム104は所定のビデオ信号あるいはオーディオ信号を出力して、使用者102に映像や音楽・音声等の娯楽情報を提供する。このように、使用者102はロボット101を成長させ、あるいは、ロボット101が成長するのを見守るだけでなく、ロボット101を所定の状態まで学習させることにより新しい娯楽情報の提供を受けることになる。従って、使用者102自身がその情報の提供を受ける目的でロボット101に学習させるように動機づけられることになる。

【0015】図2は、図1に示したロボット101の構成を示す図である。図2に示すようにロボット101は、受信装置201、受信時間計測装置202および制御用マイクロプロセッサ203を有する。制御用マイクロプロセッサ203は、歩行用の6本の足に付いているサーボモーターを制御するインタラプト信号214をパルス発生器204に対して出力する。パルス発生器204は、インタラプト信号214に基づいて各脚ごとに2つつづつ、全部で12個設けられたサーボモーターを制御するパルスを発生し、各サーボモーターに対してパルス213を出力する。また、パルス発生器204は、インタラプト信号214を出力するタイミングを規定する信号としてインタラプト信号212をマイクロプロセッサ203に対して出力する。

【0016】ロボット101の受信装置201は、使用者102の操作に対応する信号110を誘導装置103から受信する。受信時間計測装置202は、信号110の受信時間を計測する。受信時間計測装置202は、例えば1秒間計測を行うごとに、インタラプト信号211をマイクロプロセッサ203に対して出力する。マイクロプロセッサ203は、インタラプト信号211に基づいてインタラプト処理を行う。

【0017】マイクロプロセッサ203は、インタラプト信号211に基づくインタラプト処理、あるいは、インタラプト信号211を契機として実行される処理によってロボットの歩行制御を行なう制御パラメータを変更して、次第にロボット101が所望の形態で歩行するように学習を行う。マイクロプロセッサ203が、所望の歩行形態になったことを検出すると、検出信号215を信号発生部205に対して出力し、信号発生部205は、使用者102に対して情報111を出力する。使用者102は情報111を用いてシステム104に対して情報112を入力することによりシステム104を動作させる。

【0018】以下、受信装置201の動作を説明する。図3は、図2に示した受信装置201の構成を示す図で

ある。受信装置201において、誘導装置103は可視光線110を発生し、受信装置201の可視光線用のフォトディテクタ301が可視光線110を検出し、電気的な信号に変換してオペアンプ302に対して出力する。

【0019】オペアンプ302は、フォトディテクタ301の出力信号を増幅し、比較器303に対して出力する。比較器303のスレッシュホールドTHは、フォトディテクタ301が可視光線110を受けている場合にのみ出力の論理値が1（以下、特に断らない限り、論理値1の場合にアクティブとする）になるように設定されており、比較器303の出力信号210が受信時間計測装置202に対して出力される。

【0020】以下、受信時間計測装置202の動作を説明する。図4は、図2に示した受信時間計測装置202の構成を示す図である。受信装置201の出力信号は、受信時間計測装置202のカウンタ401のカウントイネーブル端子ENに入力される。カウンタ401は20ビットのカウンターであって、そのクロック端子CKには、水晶発振器（OSC）402から1MHzの周波数のクロック信号が入力されており、カウンタ401は、カウントイネーブル端子ENに入力される信号の論理値が1の場合にのみ水晶発振器402から入力されたクロック信号を計数する。

【0021】また、カウンタ401が計数値オーバーフローした場合には、RCO端子より、1クロック幅の論理値1の信号211が出力されて計数値が0に戻り、カウンタ401は計数値0から計数を続ける。なお、カウントイネーブル端子ENに入力される信号の論理値が連続的に1となった場合、カウンタ401は水晶発振器402から入力される1MHzのクロック信号を2²⁰回、計数することになる。従って、信号211は約1秒ごとに論理値1となる。マイクロプロセッサ203は信号211が論理値1となった場合にインタラプトを受け付け、後述するような処理を行なって所望の歩行形態へ収束するように記述されたプログラムを実行する。

【0022】以下、サーボモーターの制御方法を説明する。市販のラジオコントロールのヘリコプター等に用いられるサーボモータは、一般的には電源、グラウンド、および制御パルス信号線の3本のコードを有しており、制御パルスのパルス幅でモーターの絶対角度を指定するように構成されている。具体例としては、このようなサーボモータは1m秒のパルス幅で絶対角度-90°、1.5m秒のパルス幅で絶対角度0°、2m秒のパルス幅で絶対角度+90°となり、これらの間のパルス幅と絶対角度とは直線的な関数で表すことができる。さらに、サーボモータの絶対角度を指定した位置に止めるためには、20m間、同一パルス幅の制御パルスを入力しつづける必要がある。したがって、上述したサーボモータを制御するためには、20m秒周期で希望の角度に対



応するパルス幅を出せばよいことになる。

【0023】歩行用の足の内の一本を例に、その機構を説明する。図5は、図1に示したロボット101の歩行用の足の内の1本の構成を示す図であって、(a)は正面から見た足を示し、(b)は真横から見た足を示す。なお、図示の簡略化のために、図5においてはロボット101本体の図示は省略されている。また、図5に示した歩行用の足は、図6を参照して後述するロボット101の足の一本である。

【0024】第1のサーボモータ501の回転磁区には、円形の治具(円形治具502)が固定されており、円形治具502はサーボモータ501により回転させられる。実際には、サーボモータ501は、円形治具502によりロボット本体と結合される。第2のサーボモータ503には円形治具504が固定されており、円形治具504もモーターにより回転させられる。ここで、円形治具502は、ロボット101本体に固定されており、ロボット101本体が不動であると考えた場合においては、モーターの回転力によりサーボモータ501が回転することになる。

【0025】円形治具504は、固い棒(歩行用足505)が固定されており、歩行用足505が実際に動く足部になる。歩行用足505は、第2のサーボモータ503により図5(a)に示すように上下に動かされ、また、第1のサーボモータにより図5(b)に示すように前後に動かされる。このように歩行用足505は、上下・前後に可動となっており、ロボット101においては、全ての足が同じ動きを行なう。

【0026】図6は、ロボット101の6本の足の取り付け方法を示す図である。歩行用足505は、図6に示すようにロボット101の左右に3本ずつ取り付けられ、サーボモータ501は、図5(b)に示すように進行方向を左にして足を真横から見た場合に、手前に位置する足が反時計回りに四角を描いて回転するように制御される。

【0027】マイクロプロセッサ203の処理は、サーボモータ501に対する制御信号を生成してスイッチ204に対して出力する第1の処理、ロボット101が所望の歩行状態へ次第に近づくように、処理サーボモータ501への制御信号を生成するために用いられるパラメータを更新する第2の処理、および、ロボット101が*

【0032】

$$p h_i(t+d t) = p h_i(t) + a_i \times d t \quad (1)$$

【数2】

$$p h_i(t+d t) = p h_i(t) + d p h_i \quad (2)$$

($i = 2, 3, \dots, 6$)

但し、 t は時間、 $d t$ はパルス発生器204が出力するインタラプト信号214の時間間隔、 $p h_i(t)$ は $i = 1, 2, \dots, 6$ インデックスとする足601~606の振動子の位相である(但し、 $p h_i(t)$ は360の剰余系であって、 $0 \leq p h_i(t) < 360$)。



* 所望の状態で歩行するようになったことを検出して信号発生部205に信号215を出力する第3処理の3つに大きく分けられる。これらの処理の概要を図9に示す。

【0028】制御信号を生成する第1の処理に先立って、サーボモータ501の動作を振動子の位相に対比させて説明する。マイクロプロセッサ203は、マイクロプロセッサは、以下に示す振動子の位相に基づいてサーボモータ501を制御する。図7は、マイクロプロセッサ203が制御信号を生成する処理を、サーボモータ501の動作を振動子の位相に対比させて説明する図であって、(a)は振動子の位相を示し、(b)は足601の第2のサーボモータ503の角度の時間変化を示し、(c)はサーボモータ501のサーボモータ501の角度の時間変化を示す。なお、図7(a)においては縦軸は位相($0^\circ \sim 360^\circ$)を示し、(b)、(c)においては縦軸はサーボモータ503、501それぞれの回転角度($+90^\circ \sim -90^\circ$)を示し、これらの横軸は時間(t)を示す。

【0029】ここで、足601(図6)のサーボモータ503、501の角度は図8(a)、(b)に示すように定義される。なお、他の足602のサーボモータ503、501の角度も同様に定義される。すなわち、サーボモータ503、501の角度は、上下方向においては上方向が+、下方向が-と定義され、前後においては、前方向が+、後ろ方向が-と定義される。図7(a)に示す振動子は、例えば6秒周期で振動しており、この場合には、足601は時間 $t = 0 \sim 1$ (秒)の間に歩行用足505を上げて前方に出し、時間 $t = 1$ (秒)で歩行用足505を下げて接地し、時間 $t = 1 \sim 6$ (秒)の間は歩行用足505で地面を蹴って前に進む力を出している。この動作は、ロボット101が歩行している間、繰り返される。

【0030】上述のように、足601の歩行用足505の動作は、図7(a)に示す振動子の位相に対応付けられて決定され、その他の足601~606の歩行用足505は、足601に対応する振動子と所定の位相差を有する同一の振動子に対応付けられて決定される。足601~606それぞれの歩行用足505の動作は、下式で表される。

【0031】

【数1】

$$p h_i(t+d t) = p h_i(t) + a_i \times d t \quad (1)$$

【数2】

$$p h_i(t+d t) = p h_i(t) + d p h_i \quad (2)$$

【0033】マイクロプロセッサ203は、上述した位相 $p h_i(t)$ を用いて各足601~606それぞれに対応する振動子の位相を決定し、図7(b)、(c)に示した振動子とサーボモータ503、501の角度との関係に基づいてサーボモータ503、501の角度を決定し、図7(b)、(c)の位相と角度の関係より各サ

ーボモーターの角度を決定し、サーボモータ503、501と制御パルスのパルス幅との関係に基づいてパルス発生器204に対する制御信号の値を計算することができる。

【0034】振動子の位相 $p h_i(t)$ とサーボモータ503、501との関係は、ROMテーブルに記憶させ、また、サーボモータ503、501の角度とパルス発生器204から出力される制御パルスのパルス幅との関係は前述の通り、1.5m秒を 0° として1m秒で -90° 、2m秒で $+90^\circ$ の関係を直線補間することにより得ることができる。ただし、ロボット101の左右において、サーボモータ503、501の回転角度と図*

$$\begin{aligned} \text{DPH} &= [dph_1, dph_2, dph_3, dph_4, dph_5, dph_6] \\ &= [0, 360 \times 4/6, 360 \times 2/6, 360 \times 3/6, 360 \times 1/6, 360 \times 5/6] \\ &= \text{DPH}(1) \end{aligned} \quad (3)$$

【0037】上式において DPH は、列ベクトル DPH の転置を示す。また、次式で表せるような場合も考えられる。

$$\text{DPH} = [0, 360/2, 0, 360/2, 0, 360/2] \quad (4)$$

【0039】ロボット101においては、初期状態で位相差を乱数で与え、インタラプト信号211が入力されるたびにこの位相差を更新して目標の位相差へ収束させる。以下に位相差の更新に関する第2の処理について説明する。

【0040】第1の実施例において位相差の更新はホップフィールドネットワークを利用する。まず位相 $p h_i$ ★

$$dph_i = \sum_{i=0}^7 (2^i \times (y_i(i) + 1)) / 2 \quad (5)$$

但し、 $-1 \leq y_i(i) \leq 1$ である。

【0042】ニューロンは内部状態 $u_i(i)$ を有しており、出力 $y_i(i)$ との関係は下式で表される。 ☆

$$y_i(i) = \text{sign}(u_i(i)) \quad (6)$$

但し、 $\text{sign}(_)$ は、 s を正の定数として次式で定義される関数である。 ◆

$$\text{sign}(x) = 2 / (1 + \exp[-x/s]) - 1 \quad (7)$$

但し、 s を正の無限大とした場合の極限值は、 $x \geq 0$ の場合には $\text{sign}(x) = 1$ 、 $x < 0$ の場合には $\text{sign}(x) = -1$ とする。

【0045】 i 番目の足の位相を表現する l 番目のビットに対応するニューロンへの、 j 番目の足の位相を表現する k 番目のビットに対応するニューロンからの結合強

$$u_i(i) = \sum_{j=1}^6 \sum_{k=0}^7 w(l, k)(i, j) y_k(j) \quad (8)$$

【0047】次に、この結合強度の決め方について説明する。結合強度 $w(l, k)(i, j)$ は、式3および式4で定義される $\text{DPH}(p)$ ($p=1, 2$)を記憶する。ここで、表記の簡略化のために下式に示す4次元

* 8に示した定義した角度は逆の関係になる。図10に、パルス発生器204に対して出力する信号を生成する処理のフローチャートを示す。この処理は、インタラプト信号214に基づいて行われる。

【0035】ところで、ムカデ等の多足で歩行する動物の各足は、ある位相差で動いていると考えることができる。ロボット101の足601~606と同様に6本の足を有する実際の昆虫は例えば次式で示される位相差で歩行する。

【0036】
【数3】

※【0038】
【数4】

★(t)を8ビットで表現し、各ビットを1つのニューロンとしてネットワークを構成する。ニューロンの出力を $y_i(i)$ として表現する。但し、 $i=0, 1, \dots, 7$ であり、 $i=0$ がLSBを示し、 $i=7$ がMSBを示す。数式で表すと下式のようにになる。

【0041】
【数5】

☆【0043】
【数6】

◆【0044】
【数7】

度を強度 $w(l, k)(i, j)$ で表すと、内部状態 $u_i(i)$ は次式で定義される規則によって更新されていく。

【0046】
【数8】

のベクトルを定義する。

【0048】
【数9】

11

12

$$\begin{aligned} w(1, i) = [w(1, 0)(i, 1), w(1, 1)(i, 1), \dots, \\ w(1, 0)(i, 2), \dots, w(1, 7)(i, 6)] \end{aligned} \quad (9)$$

【0049】但し、DPHの1要素 dph_1 は8ビット表現であり、下式に示す8次元のベクトルが定義できる。

*【0050】
【数10】

$$y(i) = [y_0(i), y_1(i), \dots, y_7(i)] \quad (10)$$

【0051】式10で示されるベクトルは足601~606それぞれの分だけあるので、記憶させたい位相差DPH(p)は、次式で表される42次元のベクトルで定義

※義できる。

【0052】

【数11】

$$y = [{}^t v d p h_1 | {}^t v d p h_2, |, \dots, | {}^t v d p h_6]$$

(11)

【0053】したがって、記憶させたい位相差は式11を用いて42次元のベクトルで表現できる。DPH(p)に対応するこの表現をVDPH(p)と表す。

★目の要素を ${}^t w(1, i)$ として持つものとして次式のように定義する。

【0055】

【数12】

【0054】ここで、結合強度を行列表現においてi行★

$${}^t w(1, 1) \\ {}^t w(1, 2)$$

$$w =$$

$${}^t w(1, 6)$$

(12)

【0056】求めるべき結合強度は、この行列表記でVDPH(p)を用いて次式で表される。

☆【0057】

☆【数13】

$$w = \sum_{p=1}^{p=1} VDPH(p) {}^t VDPH(p) \quad (13)$$

【0058】式13で決定した結合強度wを用いて式6~式8の方法で $y_1(i)$ を更新していくことにより、VDPH(p)を含む所定の状態に収束する。図11にパルス発生器へ渡す信号を作る部分の処理のフローチャートを示す。これはインタラプト信号214に基づいて行われる処理である。

【0059】第1の実施例では所望の状態をDPH(2)で表される状態とし、それ以外の収束点は所望の状態でないとして再び初期化からやり直すものとする。従って、図9に示した処理を変更し図12に示す処理を行う。図12に示すフローチャートで表される処理が、所望の状態を検出して信号215を信号発生器205に渡す部分の第3の処理である。

【0060】更新部分のマイクロプロセッサの処理のフローを図11に示す。これは、インタラプト信号211の処理である。図11において $y_1(i)$ の収束を判定する方法として、 $u_1(i)$ の変化の2乗和がある値E以下であれば、収束していると見なす。収束していれば $S_{FLAG=1}$ としてフラグをセットしておく。

【0061】以下、パルス発生器204の構成および動作を説明する。図13は、図2に示したパルス発生器204の構成を示す図である。OSC1101は、クロック発生器であって、256kHzのクロック信号1120を8ビットカウンタ1102に対して出力する。8ビットカウンタ1102は、8ビットのカウント回路であっ

て、クロック信号1120を分周し、1m秒のタイミング信号1121を分周器1103に対して出力する。分周器1103は、5ビットの分周回路であって、タイミング信号1121を20分周して20m秒のタイミング信号1128を生成し、SRフリップフロップ1109のセット端子Sに対して出力する。

【0062】また、分周器1103は、2m秒目のパルスの立ち上がりエッジを有効エッジとするインタラプト信号214としてマイクロプロセッサ203に対して出力する。2m秒とした理由は、マイクロプロセッサ203がインタラプト処理として図10に示した処理を行い、インタラプト信号212の値をセットするまでの余裕を見るためである。

【0063】分周器1103は、20m秒の計数が完了するたびに計数値が0にクリアされ、タイミング信号1128は、分周器1103の値は、計数値が0の場合にのみ論理値1となる。一方、8ビットカウンタ1102の出力信号は8ビットコンパレータ1105に対して出力され、マイクロプロセッサ203が8ビットラッチ1107に設定した設定値1123と比較される。8ビットカウンタ1102の出力信号の値と設定値1123が一致している場合にのみ、比較結果1125が論理値1となる。

【0064】また、分周器1103の出力信号はデコーダ1106に対して出力され、デコーダ1106は、分

周器1103の出力信号の値が1のときにのみ論理値1となる出力信号をAND回路1108に対して出力する。AND回路1108は比較結果1125とデコーダ1106との論理積をSRフリップフロップ1109のリセット端子Rに対して出力する。

【0065】SRフリップフロップ1109は、セット端子Sに論理値1の信号が入力された場合には出力端子Qから論理値1の信号を出力し、リセット端子Rから論理値1の信号が入力された場合には出力端子Qから論理値0の信号を出力する。すなわち、8ビットカウンタ1102と分周器1103とが構成するタイマの計数値が0のときSRフリップフロップ1109の出力端子Qから論理値1の信号が出力され、1m秒+α8ビットラッチ1107の値が定義する時間において出力端子Qから論理値0の信号が出力される。SRフリップフロップ1109の出力信号がサーボモータ503、504の制御信号として用いられる。なお、図13に示す制御信号発生回路1104の部分は、足601～606のサーボモータ503、501ごとに設けられているが、図示の簡略化のために1回路のみ示してある。

【0066】以下、信号発生部205の構成および動作を説明する。図14は、信号発生部205の構成を示す図である。マイクロプロセッサ203の出力信号215はカウンタ1201に対して出力され、カウンタ1201は出力信号215に基づいて発振回路(OSC)1202から入力されたクロック信号1211を計数する。このカウンタ1201の出力信号1210は、ROM1203のアドレスを指定する。

【0067】ROM1203は、出力信号1210の値で指定されたアドレスに記憶されたデータを順次、出力する。ROM1203の出力信号1212は、デジタル/アナログ変換回路(D/A)1204によりアナログ信号1213に変換され、スピーカ(SP)1205から音声信号として出力される。ROM1203の内容として、キーワードとして10桁の数字を音声データで記録しておけば、このキーワードを情報111として使用者102に対して伝えることが可能になる。

【0068】ここで、再び図1を参照する。使用者102が10桁の数字を情報111として音声により受け取って、その10桁の数字をそのまま、あるいは変換して、システム104に対して情報112として入力する方法について説明する。システム104がゲームマシンである場合には、システム104で実行されるゲームプログラムは、ゲームの進行に応じて10桁の数字の入力を使用者102へ要求する。使用者102がキーワードとしてシステム104に入力した10桁の数字がゲームプログラム内に記憶されているキーワードに合わない場合は、ゲームは次の段階へ進むことができない。このゲーム内に記憶されてあるキーワードを情報111の10桁の数字と同じものにしておく。使用者102はロボッ

ット101を学習させ、情報111を得て、その10桁の数字をシステム104のユーザーインターフェースを用いて入力する。これによりゲームをさらに進行させることができる。

【0069】以下、第1の実施例の変形例について説明する。第1の実施例の図1の誘導装置103、図2の受信部201受信時間計測部202については、第1の実施例では光を用いた例を示したが、光に限らず、例えば、音波、電波、磁気、温度、湿度あるいはガスなどを用いてデータの送受信を行ってもよい。また、光等を用いて遠隔的にデータを伝送するのではなく、接触センサーなどを用いる方法も考えられる。また、実質上は信号110を必要とせずにロボット101内部の処理のみによって、ロボットが自発的に成長していくように構成してもよい。

【0070】例えば、図2のインタラプト信号211が常に出ているのと同じ状況であっても使用者102はロボットの歩行形態が変化していくのを楽しむことができ、かつある状態で情報111を得ることができる。また、第1の実施例では受信時間計測装置202により受信時間を計測していたが、本発明はこれに限るものではない。例えば、信号の特徴検出器を備え、ある特徴をもつ信号が可視光線110から伝送されてきた場合にのみ反応するようにロボット101を構成してもよい。なお、誘導装置103は必ずしも必要ではない。例えば、音声を使用者102が直接発生し、それを可視光線110の代わりに利用することも考えられる。

【0071】また、システム104はゲームマシンに限らず、一般にコンピューターを内蔵する装置あつて、情報112を受信する機能を備えている他の装置に置換可能である。また、第1の実施例では情報111を音声としてあるが、例えば、図2の信号発生部205の部分を、7セグメントのLEDを備えて視覚的に使用者102に情報111を伝えるように構成してもよい。また、第1の実施例では情報111を10桁の数字としたが、例えば、そのほかの文字情報であってもよい。また、キーワードではなく使用者102にシステム104への操作を指示する情報であってもよい。

【0072】また、第1の実施例では情報111と情報112は一旦使用者102を介してシステム104に入力されるが、例えば、情報111が直接、情報112としてシステム104に入力されるように構成してもよい。この場合には、システム104が情報111の検出回路を備える必要がある。また、第1の実施例では状態の変化の方法をホップフィールドネットワークを用いたが本発明はこれに限るものではない。ホップフィールドネットワークはある評価関数の極小解を求める特殊な例であるが、一般にある評価関数を評価しながら極小あるいは最小解を求めていく方法は考えられる。(評価関数にマイナスを付ければ、極大あるいは最大を求める方法

は等価である。) また、このように評価関数を求める方法ではない方法も用いることは可能である。非常に簡便な方法としてはあらかじめ更新するデータを記録しておき、それを読みだしていく方法なども考えられる。

【0073】また、第1の実施例では更新する状態として足601～606の位相を用いたが本発明はこれに限るものではない。例えば、足の周波数に相当するパラメータ(式1の a_1)を足601～606それぞれに独立に導入して、これらのパラメータを更新するものであってもよい。また、ロボット101の歩行に関する状態以外の状態の更新するパラメータに対して処理を行うようにロボット101を構成してもよい。

【0074】また、第1の実施例では更新する内部状態と情報111は関係のないものであったが、これを関係づけてもよい。例えば、式11で定義されるような更新する内部状態を表現するデータをそのまま、あるいは適当な変換をして情報111として用いることは可能である。例えば、式11の42ビットを十進の数値に直して、情報111とすることができる。また、第1の実施例ではロボット101とシステム104を分離して構成したが、ロボット101とシステム104を一体として構成してもよい。

【0075】

【実施例2】以下、本発明の第2の実施例を説明する。第2の実施例においては、実施例1に示した本発明に係るロボットの変形例としては表現しにくい場合について説明する。実施例1において、システム104(図2)は、キーワードの解釈あるいはデスクランブルを行う機能等を必要としていた。しかし、現在において一般商品としての普及などを考えた場合、現在存在するエンターテインメント装置、例えば、VCRやCDなどの映像、音響再生装置をそのまま利用することが望ましい。一つの方法として、例えばシステム104として一般的なVCRを考え、さらにアダプターとしてVCRの出力をデスクランブルする装置を取り付けることが考えられる。

【0076】図15に一般的なVCRにデスクランブル装置を付加して構成したシステム1404の構成を示す。VCR1301は、スクランブルされた映像信号が記録されたビデオテープ(Tape)1303を再生し、スクランブルされた映像信号1310を出力する。デスクランブラ(Descrambler)1303は、通常は、映像信号1310をそのまま出力する。従って、使用者1402は、ビデオテープ1302に記録された映像を見ることができない。しかし、デスクランブラ1303はキーボードを有しており、使用者1402がキーワードとして適切な10桁の数字を入力すればスクランブルを解き、正常な映像に変換して出力信号1311として出力して使用者1402に示す。

【0077】第2の実施例に示すロボットにおいては、VCR装置1301がロボットの内部に存在し、使用者

1402が情報112をシステム104に入力することによる操作ではなく、ロボット内部で直接デスクランブル機能を働かせる。実施例2のロボットの全体構成を図16に示し、ロボット1401の構成を図17に示す。図16において、ロボット1401、システム1404から構成されており、システム1404は映像、音響信号を再生する。また、ロボット1401への刺激信号1410は電波により伝送され、スクランブルされた映像信号である。信号1414は、ロボット1401内部で信号1413を処理することにより生成され、信号1415は、ディスプレイモニターなどにより使用者1402が見ることができる信号である。

【0078】さらに第2の実施例においては、ロボット1401はCCDカメラを有し、刺激信号1410はこのカメラに対して提示される。従って、第2の実施例のロボットの目標は提示信号1410の与え方に大きく依存する。すなわち、ロボット1401はカメラによって使用者1402が示す空間的な位置へ向かって進むようにする。使用者1402が適切にその提示位置を変更し、ロボット1401に適切な軌道を描かせることができた場合に成功報酬としてシステム1404から送られてくるスクランブルされた映像信号1413をデスクランブルし、信号1414としてシステム1404に送り返す。システム1404は、信号1414を受信し、映像信号を信号1415として使用者1402に対して表示する。

【0079】ロボット1401の起動が適正であるか否かは、加速度センサー1506(図17)により検出される信号1516をマイクロプロセッサ503において処理することにより決定される。

【0080】図17は第1の実施例における図2に対応し、第2の実施例においても第1の実施例と同様にロボット1401は6本の足を有している。ただし、外部からの刺激信号1410のロボット1401への入力処理には、上述のようにカメラが用いられる。第2の実施例において使用者1402は、ペンライトのような光源を用い、カメラ1501によって撮像された画像信号は通常のNTSC信号の形式で信号1510として出力される。

【0081】画像処理部1502において、画像信号はフレームメモリに蓄えられる。画像処理部1502の構成を図18に示す。図18において、入力された映像信号1510から、タイミング発生器1603によりサンプリング用クロック1611、フレームごとのタイミング信号1614、フレームメモリ1602への書き込み信号、および、メモリアドレス信号1612が生成され、それぞれアナログ/デジタル変換回路(A/Dコンバータ1601、フレームメモリ1602および画像処理用マイクロプロセッサ1604へ入力される。

【0082】一方、RGBコンバータ(RGBcon)

1605によりNTSC形式からRGB形式に変換された信号1615は、A/Dコンバータ1601によりデジタル形式の信号に変換され、フレームメモリ1602に記憶される。タイミング発生器1603は、1フレームたまごとに画像処理用マイクロプロセッサ1604に対して取り込みを要請する要請信号1614を出力する。マイクロプロセッサ1604は、フレームメモリ1602より画像信号を入力し、以下の処理をする。

【0083】すなわち、第2の実施例におけるロボット1401は、画像処理により使用者1402が持っているペンライトの位置を検出する。ペンライトの位置は、最も輝度信号が明るい場所として定義される。したがって、画像処理用マイクロプロセッサ1604の処理は輝度最大の点をフレーム中から探すことである。画像処理用マイクロプロセッサ1604は、画像中心を原点(0, 0)とし、時刻tにおける輝度最大の点を(x(t), y(t))として、それぞれ8ビットデータの座標1511として出力される。

【0084】再び図17を参照してマイクロプロセッサ1503の処理を説明する。同調コンデンサ1503の処理は、歩行制御処理、座標センサー部1506から軌道計算をする軌道計算処理、および、計算した軌道とあらかじめ記憶してある軌道との比較を行ない、条件を満たせばデスクランブル部1505を働かせる信号を発生するデスクランブル処理の3つに大別される。

【0085】まず、第1の歩行制御処理について説明する。ロボット1401の基本的な歩行制御は第1の実施例に示したロボット101と同じである。ただし、初期条件として、ロボット1401の各足の位相関係は、安定な歩行をする条件を満たしている。ロボット1401*30

$$\begin{aligned} \text{ang}_{i2}(\text{ph}_i) &= A_i \times (\text{ph}_i - 360 \times 2 / 6) \quad (0 \leq \text{ph}_i < 360 / 6) \\ &= A_2 \times (\text{ph}_i - 360 \times / 6 + 360 / 6 \times 5 / 2) \\ &\quad) \quad (360 / 6 \leq \text{ph}_i < 360) \end{aligned} \quad (14)$$

【0089】

$$A1 = A(360 / 6)$$

【0090】

$$A2 = -A / (360 / 6 \times 5)$$

【0091】となる。ここで、Aは、足の前後への振りの角度であり、第2の実施例ではx(t)により制御される。x0は8ビットなので、 $-128 \leq x0 < 127$ である。

$$A = 35 - x(t) / 128 \times 10$$

【0094】左足は、

【0095】

$$A = 35 + x(t) / 128 \times 10$$

【0096】と表すことができる。実際には、図18に示した画像処理結果取り込み要求信号1519による(x(t), y(t))の取り込みと、式17、式18に示した演算処理とをインタラプト処理として実行す

*においては、DPH(2)を位相差固定とし、第1の実施例に示したような位相差の更新は行なわず、式1、式2で定義される位相発生の方法により、各足の位相が決定される。

【0086】ロボット1401における基本的な歩行制御はこのように定義されるが、第2の実施例では進行方法の制御が新たに追加されており、ペンライトの位置信号1511を受信して歩行制御に反映させ進行方向を変化させる。具体的には、ペンライトの位置信号1511(x(t), y(t))を画像の中心線(0, y')になるように進行方向を制御する。ここで、y'は任意の値である。進行方向は、左右の足の歩幅を変えることにより行ない、x(t) < 0の場合にはペンライトは中心より左にあるので右足を前後に大きく回転させ、左足を小さく回転させることによりロボットは左へ進行方向を曲げる。進行方向を変えるための調節は、位相より決定するサーボモーターの角度をx0(t)により適当に調節することにより行なわれる。

【0087】以上の処理を図19を参照して説明する。

図19は図7に対応しており、これらの違いは、図19(c)が振幅方向に変動となっている点だけである。図19(c)は時間tに対するグラフであり、図19

(a)の位相phi(t)に対するグラフでもある。したがって、図19(c)、あるいは、図5の足の構成を示した前後に振るためのサーボモーター503が決定する角度をang_{i2}(phi_i(t))と表す(但し、i = 1, 2, ..., 6)。図19(c)より、

【0088】

【数14】

【数15】

$$(15)$$

【数16】

$$(16)$$

※【0092】したがって、振り角度を35度プラスマイナス10度で制御するものとして、右足は、

【0093】

【数17】

$$(17)$$

★【数18】

$$(18)$$

る。パルス発生器1504に対する出力信号を生成するための処理は、第1の実施例に示したロボット101と全く同じに行なわれる。これらは、インタラプト1513の処理ルーチンで行なわれる。これらの処理の概要を

図20に示し、詳細を図21および図22にフローチャートとして示す。

【0097】以下、第2の処理である座標センサー部の処理について説明する。座標センサー部1506の詳細は後述する。ロボットは重力方向に垂直な平面でしか運動しないものとする。座標センサー部1506は、ロボット1401の進行方向に対して時間 t における平行な方向の加速度成分 $a_{c1}(t)$ と、それに垂直でロボットの本体と平行の平面上の加速度成分 $a_{c2}(t)$ とを出力する。マイクロプロセッサ1503は、これらの加速度成分 $a_{c1}(t)$ 、 $a_{c2}(t)$ により位置を求めることができる。ただし、速度と位置に関しては適当な初期値が必要である。したがって、1分に一回程度の割合で1秒間サーボモーターへの出力を禁止し、停止状態とすることにより速度と位置を初期化する。

【0098】停止状態とする時間を t_0 と表す。記述の簡略化のために時間 t_0 の時のロボットの位置(p_x , p_y)を原点とし、速度(v_x , v_y) = (0, 0)とする。ただし、位置(p_x , p_y)および速度(v_x , v_y)の座標系は、時間 t_0 のロボットの進行方法を第2の要素 p_y , v_y の軸で正の方向、垂直で右手方向を p_x , v_x の軸で正の方向とする。以下、時刻 t_0 における座標系をグローバル(Global)座標系とする。つま*

$$\theta(t_{i+1}) = \theta(t_i) + w(t_i) \Delta \quad (19)$$

【0102】一方、時間 t_i における速度($v_x(t_i)$, $v_y(t_i)$)と時間 t_{i+1} における速度($v_x(t_{i+1})$, $v_y(t_{i+1})$)の関係は時間 t_i における加速度センサーの出力を $a_{c1}(t_i)$, $a_{c2}(t_i)$ として次式で与えられる。

$$v_x(t_{i+1}) = v_x(t_i) + [a_{c1}(t_i) \sin(\theta(t_i)) + a_{c2}(t_i) \cos(\theta(t_i))] \Delta \quad (20)$$

【0104】

$$v_y(t_{i+1}) = v_y(t_i) + [a_{c1}(t_i) \cos(\theta(t_i)) + a_{c2}(t_i) \sin(\theta(t_i))] \Delta \quad (21)$$

【0105】また、位置についても同様に、以下の式で与えられる。

$$p_x(t_{i+1}) = p_x(t_i) + v_x(t_i) \Delta + 1/2 \times [a_{c1}(t_i) \sin(\theta(t_i)) + a_{c2}(t_i) \cos(\theta(t_i))] \Delta \Delta \quad (22)$$

【0107】

$$p_y(t_{i+1}) = p_y(t_i) + v_y(t_i) \Delta + 1/2 \times [a_{c1}(t_i) \cos(\theta(t_i)) + a_{c2}(t_i) \sin(\theta(t_i))] \Delta \Delta \quad (22)$$

【0108】したがって、式19～式23を時間 t_0 から順次計算していくことにより、ロボットの軌道が求められることになる。これらの処理は図17の座標センサー部からの取り込み要求1518に基づいた割り込み処理として行なう。この処理のフローチャートを図23に示す。

【0109】以下、第3の処理である軌道の比較とデスクランブル部への信号の出力に関係する部分について説

*り、センサーの検出方向はロボットとともに移動、回転するため以下単に位置、角度といった場合、グローバル座標系にもとづいて表現するものとする。

【0099】一方、加速度のみでは回転運動を等加速度運動と区別するのが困難であるため角速度を検出する必要がある。第2の実施例に示すロボット1401においては、重力方向を回転軸とする回転の角速度検出を行なう。加速度の時と同様に時間 t_0 のときを停止状態として座標系の角度を初期化する。これは、上述のように p_x 軸, p_y 軸を設定し現在の角度を0度とすることにはかならない。また、角度は反時計回りを正の方向とする。なお、単位としては位置はメートル(meter)角度は度とする。

【0100】なお、センサー部からのサンプリングレートは適当に設定され、これを Δ とし、簡単のためサンプリング間の加速度、角速度は0次ホールドされているものとする。すなわち、時間 t_i における角度 $\theta(t_i)$ と時間 t_{i+1} における角度 $\theta(t_{i+1})$ の関係は、時刻 t_i の角速度センサーの出力を $w(t_i)$ として次式で与えられる。

【0101】

【数19】

※2(t_i)として次式で与えられる。

【0103】

【数20】

【数21】

★【0106】

★【数22】

【数23】

明する。前述のように求められた軌道と記憶してある軌道との比較は一般的なパターン認識の問題と捉えることができる。ロボット1401における処理においては、簡単のために以下の特徴量のみを調べる。第1に一分後の角度を調べる。第2の実施例に示すロボット1401においては、記憶してあるパターンの一分钟后の角度を360度とする。第2に一分後の位置を調べる。第2の実施例に示すロボット1401においては、記憶してある

パターンの一分後の位置を(0, 0)とする。第3に、原点(0, 0)から最大に離れた距離の値を調べる。第2の実施例に示すロボット1401においては、記憶してあるパターンの橙に離れた距離を1m×mとする。この3つがある誤差範囲であれば記憶パターンと一致した*

$$360-5 < \theta(t_i) < 360+5$$

【0112】

$$p_x(t_i)^2 + p_y(t_i)^2 < 0.01$$

【0113】

$$1-0.1 < \max(p_x(t_i)^2 + p_y(t_i)^2) < 1+0.01$$

【0114】ただし、上式で $\max(_)$ は、 $i=0, 1, \dots, L$ の範囲内の最大値を示す。以上の評価で記憶との一致と判断された場合、マイクロプロセッサ1503はデスクランブル部1505に対して必要な信号を出力する。第2の実施例に示すロボット1401においては、簡単のために単純なインネブル信号として論理値1を用いる。以上の処理はマイクロプロセッサ内のタイマーを用いて1分毎の内部インタラプト処理として行なう。この内部インタラプト処理のフローチャートを図24に示す。

【0115】以下、座標センサー部1506を説明する。図25は、座標センサー部1506の構成を示す図である。座標センサー部1506は、2つの加速度センサーと1つの角速度センサーを有し、これらのセンサからの出力信号がタイミング発生器2007が発生するタイミング信号に同期してアナログ/ディジタル変換されてマイクロプロセッサ1503に信号1516として入力される。また、座標センサー部1506は、これらのセンサからの出力信号がA/D2004~2006によりアナログ/ディジタルされるタイミングでマイクロプロセッサ1503に取り込み要求1518を出力する。加速度センサーとしては例えばANALOG DEVICES社のアンプ内蔵型モノリシック加速度センサーLSI(ADX50)が使用できる。また、角速度センサーとしてはMURATAのGYROSTAR(ENC-05A)などが使用できる。

【0116】座標センサー部1506における2つの加速度センサーの取付け方法を図26に示す。なお、加速度センサーとして前述のADX50を使用しており、ADX50は10ピンTO-100パッケージで端子5から端子10にむけて感度軸が設定されている。第1の加速度センサ2001内のADX50(2101)の感度軸を、ロボット1401の正面の方向の第2の加速度センサ2002内のADX50(2102)の感度軸を、加速度センサ2001と直角で上から見て時計回りの方向に合わせてロボット1401に取り付ける。

【0117】以下、デスクランブル部1505を説明する。図27はデスクランブル部1505の構成を示す図である。図27に示すように、デスクランブル部150

* ことにする。

【0110】これらは時間 t_1 を時間 t_0 から一分後として次式のように表される。

【0111】

【数24】

(24)

【数25】

(25)

【数26】

(26)

5は、受信部2101、デスクランブル信号処理部2105、送信部2102およびアンテナ2103、2104から構成される。第2の実施例に示すロボット1401においては、受信部2101および送信部2102にUHFのテレビ信号を用いるものとして、受信部2101はテレビ受信機として動作し、送信部2102はテレビ送信機として動作する。電波信号としてスクランブルされた信号1413がアンテナ2103を介して受信部2101へ入力され、ベースバンドの映像信号2110とオーディオ信号2112が再生されてデスクランブル信号処理部2105へ入力される。

【0118】デスクランブル信号処理部2105により処理されたベースバンド映像信号2110とオーディオ信号2113は、デスクランブルインネブル信号1515が論理値1の場合にはデスクランブルされ、論理値0の場合はそのまま信号2111、2113として送信部2102に対して出力される。信号2112、2113は、送信部2102で再び、RF信号に変調され送信アンテナ2104から信号1414として出力される。

【0119】なお、受信用のUHFのチャンネルと送信用のUHFのチャンネルを異なるものとしておく必要がある。また、受信部2101および送信部2102は通常のUHFのテレビジョン用の受信機および送信機と同一の構成および動作を有するので細かい説明は省略する。

【0120】以下、デスクランブル信号処理部2105を説明する。まず、スクランブルとデスクランブルの方法について説明する。第2の実施例に示すロボット1401においては、アナログ信号のスクランブルおよびデスクランブルを行うので、すでに実用化されている方法が使える。例えば、BS2の衛星放送あるいは5チャンネルにおいて、このようなスクランブル放送が実施されている。また、ケーブルを用いた放送でも、同様のスクランブル放送が行なわれている。

【0121】しかし、第2の実施例では簡単のため、また、記録媒体にすでにスクランブルされた信号が記録されており、時間管理が困難なためフレームで完結するようなスクランブルおよびデスクランブル方法を採用する。最も簡単な方法としては、1フレームでライン信号

20

30

40

50

を1要素としてライン同士の入れ替えを行なう方法が挙げられる。図28にデスクランブル信号処理部2105の構成を示す。まず、オーディオ信号に関しては、スクランブルがかかっていないものとしてそのまま出力する。映像信号に関しては、スクランブルされた信号2110は、タイミング発生器2201において水平、垂直、およびカラーバーストキャリアを再生され、これらの信号を用いて、A/Dコンバータ2204に対してサンプリング信号2210を、ライトアドレス発生器(Wアドレス発生器)2202に対してアドレスクロック、

【0122】一方、映像信号はA/Dコンバータ2204でデジタル形式の信号に変換され、Wアドレス発生器2202により自然に増加していくアドレスの順にフレームメモリ2206に書き込まれていく。ただし、上述のようにスクランブル操作によってライン信号は入れ替えられている。一方、Rアドレス発生器2203は、デスクランブルイネーブル信号1515が論理値1である場合には、スクランブルしたラインの順番を元通りに直すべくWアドレス2218に対応したアドレス信号2216を発生し、1フレーム遅れで読み出され、デスクランブルされたデータ2217を読み出す。デスクランブルイネーブル信号1515が論理値0の場合には、Wアドレス2218と同じ順番にアドレスを発生し、スクランブルしたままのデータ2217を出力する。

【0123】これらのデータは、D/Aコンバータ2207によってアナログ信号2215に変換され、さらに同期信号(Sync)付加回路2205において必要な水平同期信号、垂直同期信号、カラーバースト信号が付加され、再び通常のNTSC形式の信号に変換され、出力信号2111として出力される。以上でロボット部1401の具体的な説明を終える。なお、パルス発生器1504およびサーボモーターなどは実施例1と同じであるため省略する。

【0124】再び、図29および第2の実施例に示すロボット1401の全体構成を示す図16を参照して、システム1404の構成および動作を説明する。図29は、システム1404の構成を示す図である。ビデオテープ(Tape)2301にはスクランブルされた信号が記録されている。これは通常の家賃用VCR2302で再生され、ベースバンドのNTSC信号およびオーディオ信号2310を出力する。送信回路(Trans)2303においてUHFに変調され、電波信号1413として出力される。一方、ロボット1401により変換されたUHF信号は通常のUHF受信可能な家庭用TV2304によって受信され、TVモニターから映像をスピーカーから信号1425として使用者1402に対して表示する。

【0125】以上で、第2の実施例に示したロボット1401の説明を終了する。なお、第1の実施例においては、所望の状態の検出は特にセンサーを用いなくとも可能であったのにたいし、第2の実施例では使用者1402の刺激によりロボット1401が外部環境にはたらかけ進行方向を変化させ、それを座標センサーで検出することによってなしている。また、実施例1では使用者はただ刺激をあたえればよかったのにたいし、第2の実施例では適切な刺激パターンを与えなければならない。使用者はこの刺激パターンを捜すような努力をしなければならない。また、第2の実施例では使用者を介してデスクランブル情報をあたえてはいない。ロボット本体にデスクランブルの処理装置が存在している。

【0126】以下、第2の実施例の変形を示す。第1の実施例に示したロボット101に対する刺激の与え方や、状態変更の方法、所望の状態との一致などは第2の実施例に示したロボット1401に対しても適用可能である。また、第2の実施例ではロボットとして6足の歩行ロボットを用いたが本発明はこれに限るものではない。すなわち、6足以外の歩行ロボット、または車輪による移動型ロボット、空中を移動するロボットなどは第2の実施例より類推可能である。

【0127】また、第2の実施例に示したロボット1401において、記憶パターンとの一致は円軌道であったが本発明はこれに限るものではない。すなわち、円以外の軌道、あるいは、例えば、手を持つロボットの場合、手の動きなどが考えられる。また、軌道に限るものではない。

【0128】また、第2の実施例に示したロボット1401においては、状態の検出に加速度センサーなどを用いたが、本発明はこれに限るものではない。その他の、座標を測定する方法、あるいは、所望の状態が座標によらないのであれば、所望の状態を検出するのに必要なセンサーを用いればよい。また、実施例1に示したロボット101と同様に、センサーを必要としない場合もある。

【0129】また、第2の実施例においては、ロボット1401に対して、ペンライトを用いてデータを入力する例を示したが、本発明はこれに限るものではない。例えば、音なども考えられる。また、通常のラジオコントロールにより使用者が直接的に行動を設定する方法でもよい。また、単純な方向検出ではなく、画像認識、音信号の認識を用いてロボットの行動を指定することにより、行動を誘導したり、学習を進めることも可能である。

【0130】また、第2の実施例に示したシステム1404として、家庭用VCRやテレビを例示したが、その他のビデオ信号を扱う装置、あるいはオーディオ信号を扱う装置、ゲームを提供する装置で置換することも可能である。また、第2の実施例では、図16に示したよう

に、ロボット1401とシステム1404との間のデータ伝送に電波を用いたが、これに限定されず、有線、無線によるすべての情報伝達手段が利用できる。また、第2の実施例ではスクランブルの方法として映像信号のラインの入れ替えを行なったが本発明はこれに限定されない。ロボットに時計を搭載して、時間毎にスクランブルの規則が変わる方法も利用できる。また、アナログ信号、デジタル信号の種類によらない。

【0131】実施例1と第2の実施例を比較しながら本発明を再び一般的に述べる。まず、実施例1では歩行の位相という内部状態を外部からの刺激（これは必ずしも必要でない）により更新し、それに基づいて歩行という行動をしている。第2の実施例では、外部刺激により進行方向を制御している。実施例1では、歩行の位相という内部状態がある条件を満たせば使用者に暗号を教える。第2の実施例では、進行方向が変化することを座標センサーを介して検出し、それがあある条件を満足すれば、ロボット内にあるデスクランブラーによってスクランブルされた情報をデスクランブル処理を施している。

【0132】実施例1では、いわゆる教師が存在しないで内部状態を変更しているが、一般的な学習方法はすべて用いることができる。たとえば、第2の実施例ではあらかじめ外部刺激に対して行動が決定されていたが、式17、18だけは $A = F(x)$ のように一般的な関数として例えば、3層のフィードフォワードがたのニューラルネットワークで表現し、あらかじめ記憶してある x と A の対応で学習を進めたり（教師あり学習）、あるいは適当に x に対して A をそのたび決めてみて、ペンライトの光点（ x, y ）が中心に近づけばその対応で教育をし、そうでないときは何もしない、といった学習法（強化学習）なども利用できる。

【0133】また、実施例1、第2の実施例ともに行動は歩行という動きであったが、例えば、音声合成による発話なども行動と見なせる。すなわち、音声合成のパラメータを内部状態により決定すれば、しだいに正しい発話ができるようになり、ある条件を満たせば、その発話機能により暗号を使用者に教える、という事は本発明に属するものである。また、コンピュータグラフィックスなどを持ちいて描画をパラメータを持ちいて行なう（例えばフラクタルの絵を発生する）ことを行動と見なし、ただし描画ができるようになったと判断するとデスクランブル機能をアクティブにする、ということも変形として考えられる。

【0134】

【発明の効果】以上のように本発明に係るロボットによれば、使用者がロボットなどの成長を楽しむと同時に成長させた場合の使用者への利益が生じるため、そこに新たな目的が生じ、積極的に成長をさせる促進を行ったり、成長を待ち望む心理状態を生成することが可能になり、娯楽性がさらに強化される。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例における本発明に係るロボットの使用態様を示す図である。

【図2】図1に示したロボットの構成を示す図である。

【図3】図2に示した受信装置の構成を示す図である。

【図4】図2に示した受信時間計測装置の構成を示す図である。

【図5】図1に示したロボットの歩行用の足の内の1本の構成を示す図である。

10 【図6】ロボットの6本の足の取り付け方法を示す図である。

【図7】サーボモータの動作を振動子の位相に対比させて説明する図である。

【図8】図6に示したロボットの足のサーボモータの角度の定義を示す図である。

【図9】図2に示したマイクロプロセッサの処理の概要を示すフローチャートである。

【図10】図2に示したパルス発生器に対して出力する信号を生成する処理を示すフローチャートである。

20 【図11】図2に示したパルス発生器へ渡す信号を作る部分の処理を示すフローチャートである。

【図12】所望の状態を検出して信号を信号発生器に渡す第3の処理を示すフローチャートである。

【図13】図2に示したパルス発生器の構成を示す図である。

【図14】信号発生部の構成を示す図である。

【図15】一般的なVCRにデスクランブル装置を付加して構成したシステムの構成を示す。

30 【図16】実施例2における本発明に係るロボットの全体構成を示す図である。

【図17】図16に示した本発明に係るロボットの内部構成を示す図である。

【図18】図17に示した画像処理部の構成を示す図である。

【図19】サーボモータの動作を振動子の位相に対比させて説明する図である。

【図20】図17に示したパルス発生器に対する出力信号を生成するための処理の概要を示すフローチャートである。

40 【図21】図17に示したパルス発生器に対する出力信号を生成するための処理を示す第1のフローチャートである。

【図22】図17に示したパルス発生器に対する出力信号を生成するための処理の概要を示す第2のフローチャートである。

【図23】座標センサー部の処理に関する第2の処理を示すフローチャートである。

【図24】軌道の比較とデスクランブル部への信号の出力に関する第3の処理を示すフローチャートである。

50 【図25】図17に示した座標センサー部の構成を示す

図である。

【図26】図25に示した座標センサー部における2つの加速度センサーの取付け方法を示す図である。

【図27】図17に示したデスクランブル部の構成を示す図である。

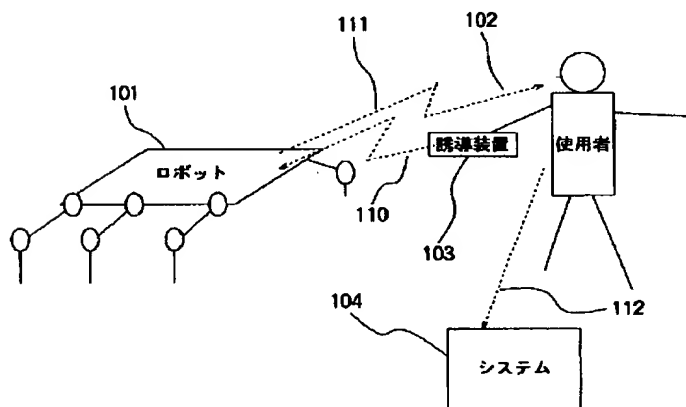
【図28】図25に示したデスクランブル信号処理部の構成を示す図である。

【図29】図29は、図16に示したシステムの構成を示す図である。

【符号の説明】

101…ロボット、102…使用者、103…誘導装置、104…システム、110…可視光線、111、112…情報、201…受信装置、202…受信時間計測装置、203…マイクロプロセッサ、204…パルス発生器、205…信号発生部、301…フォトディテクタ、302…オペアンプ、303…比較器、401…カウンタ、402…水晶発振器、501、503…サーボモータ、502、504…円形治具、505…歩行用足、1101…OSC、1102…8ビットカウンタ、1103…分周器、1104…制御信号発生回路、1105…8ビットコンパレータ、1106…デコーダ、1*

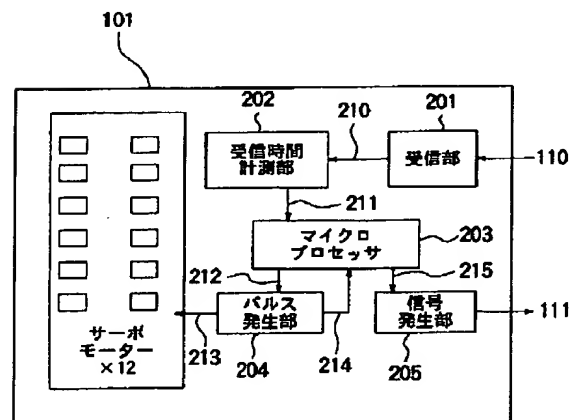
【図1】



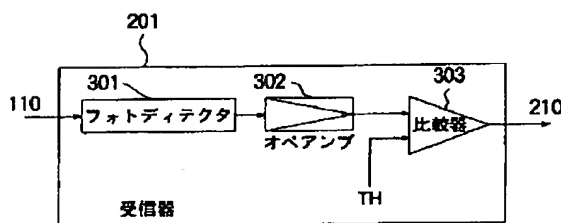
* 107…8ビットラッチ、1108…AND回路、1109…SRフリップフロップ、1201…カウンタ、1203…ROM、1204…D/A、1205…スピーカ、1301…VCR装置、1302…ビデオテープ、1303…デスクランブラ、1401…ロボット、1402…使用者、1403…システム、1502…画像処理部、1503…マイクロプロセッサ、1504…パルス発生器、1505…デスクランブル部、1506…座標センサー部、1602…フレームメモリ、1603…タイミング発生器、1604…画像処理用マイクロプロセッサ、1605…RGBコンバータ、2001~2003…加速度センサ、2004~2006…A/D、2007…タイミング発生器、2101…受信部、2102…送信部、2103、2104…アンテナ、2105…デスクランブル信号処理部、2201…タイミング発生器、2202…wアドレス発生器、2203…Rアドレス発生器、2204…A/Dコンバータ、2205…同期信号付加回路、2206…フレームメモリ、2207…D/A、2301…ビデオテープ、2302…VCR、2303…送信回路、2304…家庭用TV

10

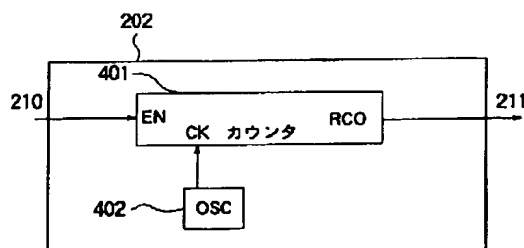
【図2】



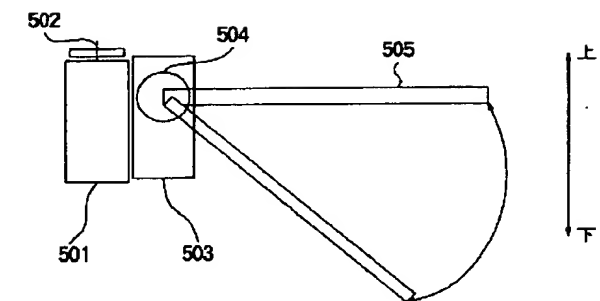
【図3】



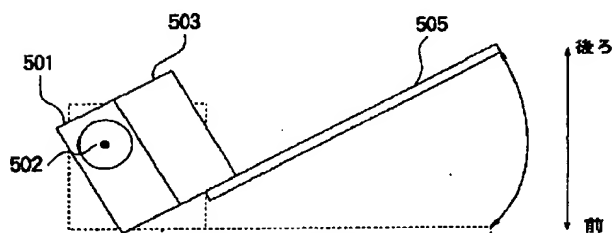
【図4】



【図 5】

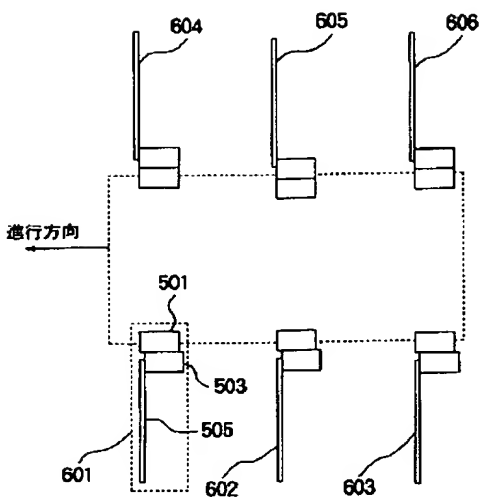


(a) 正面から見た図

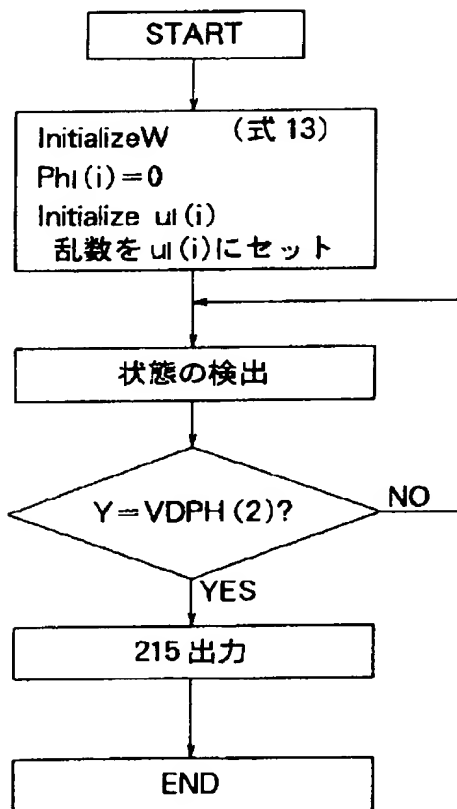


(b) 真横から見た図

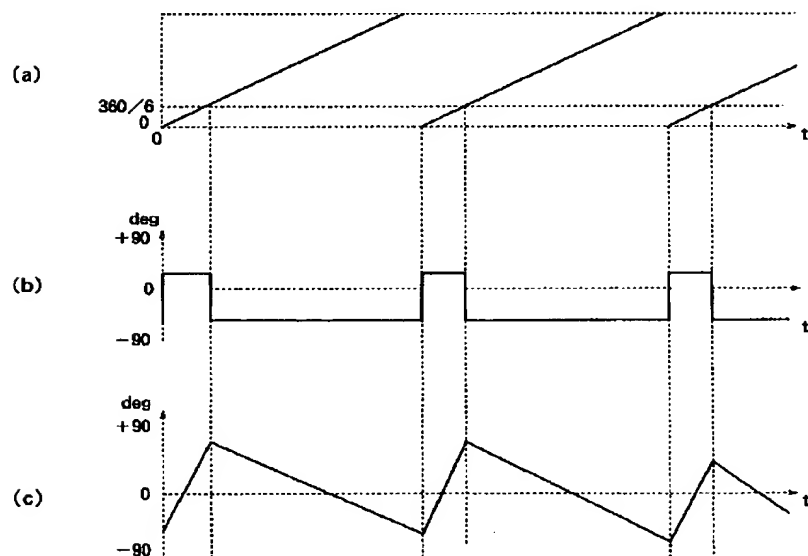
【図 6】



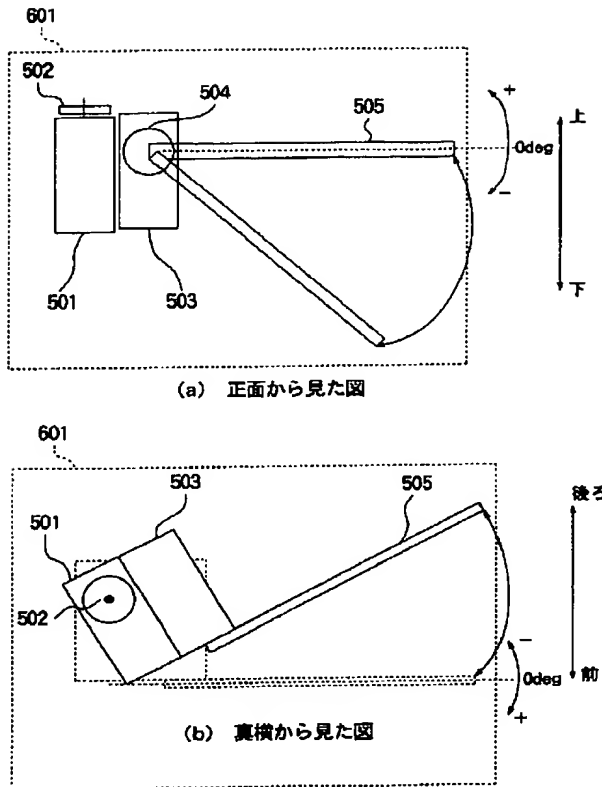
【図 9】



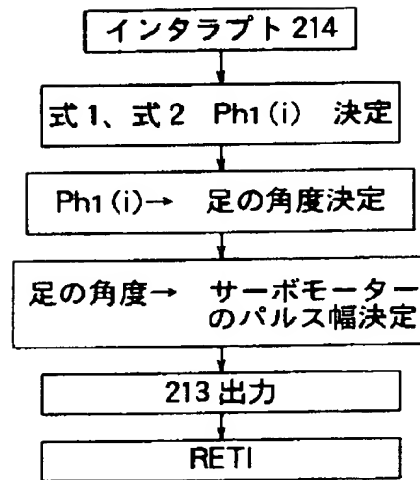
【図 7】



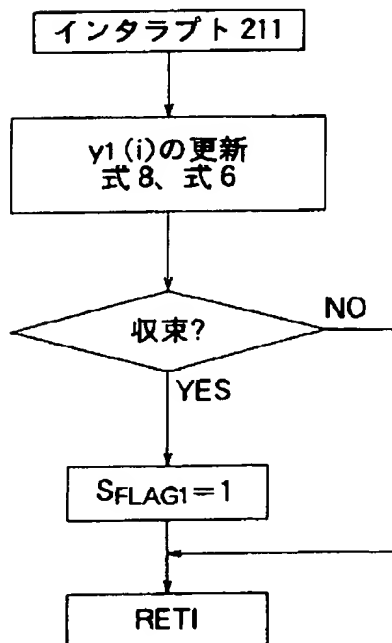
【図 8】



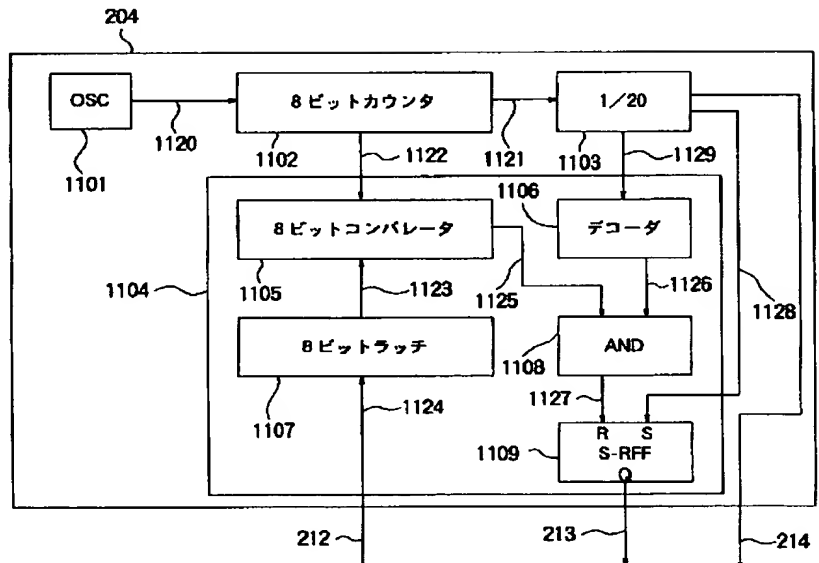
【図 10】



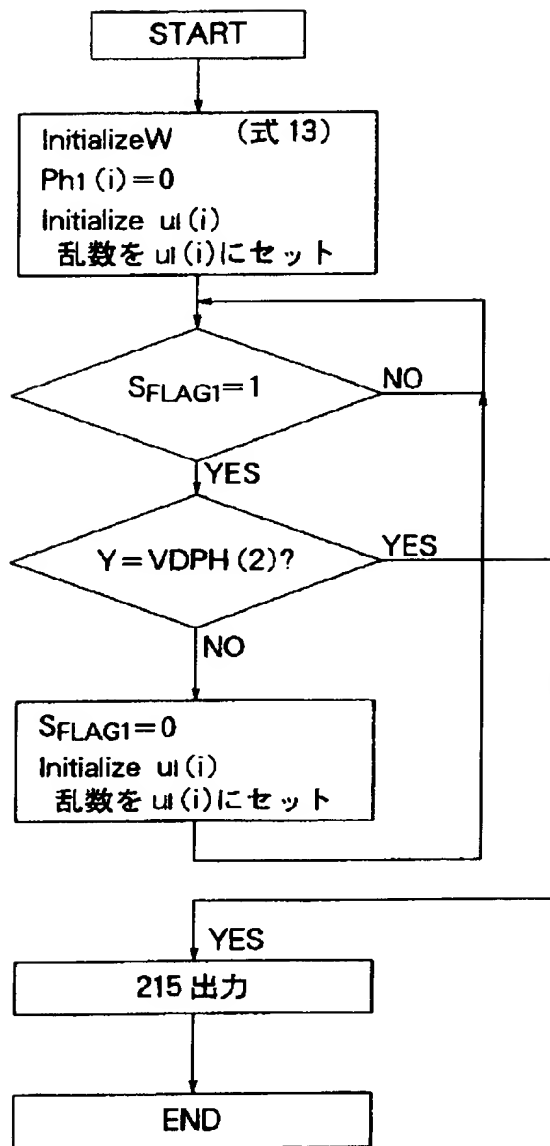
【図 11】



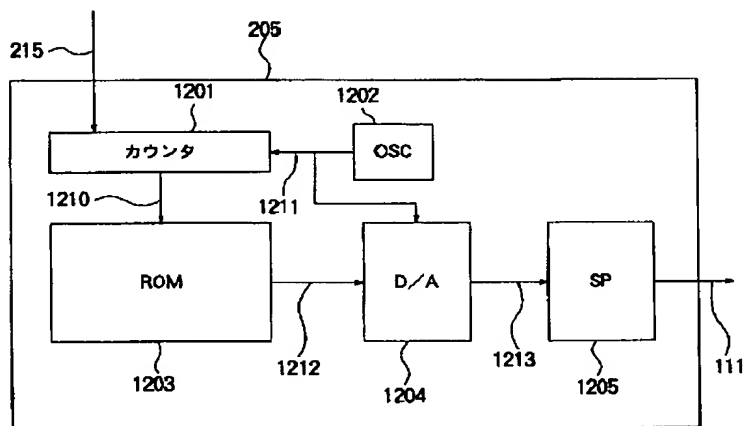
【図 13】



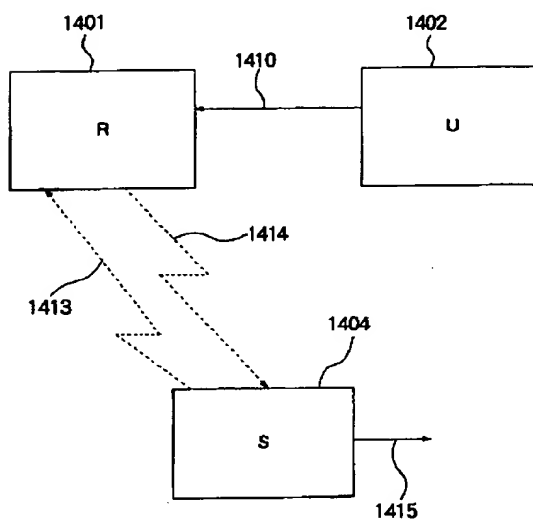
【図 12】



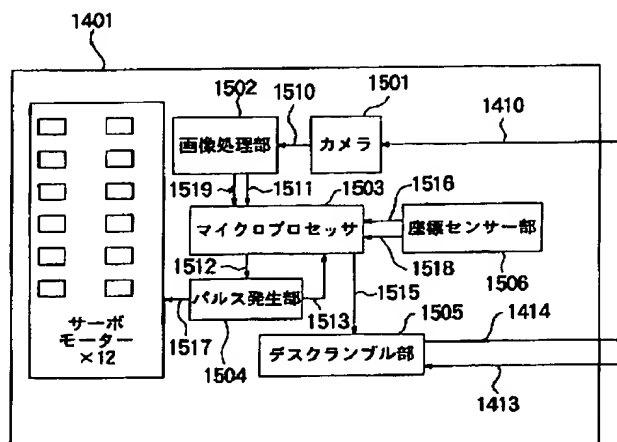
【図 14】



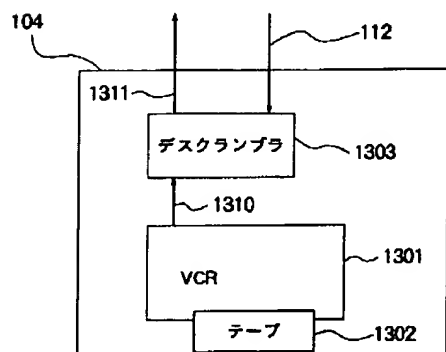
【図 16】



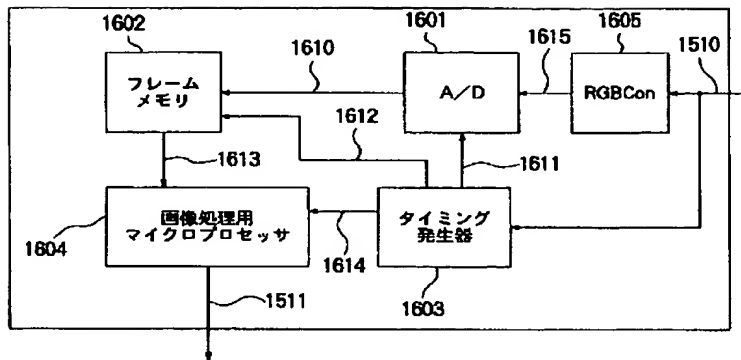
【図 17】



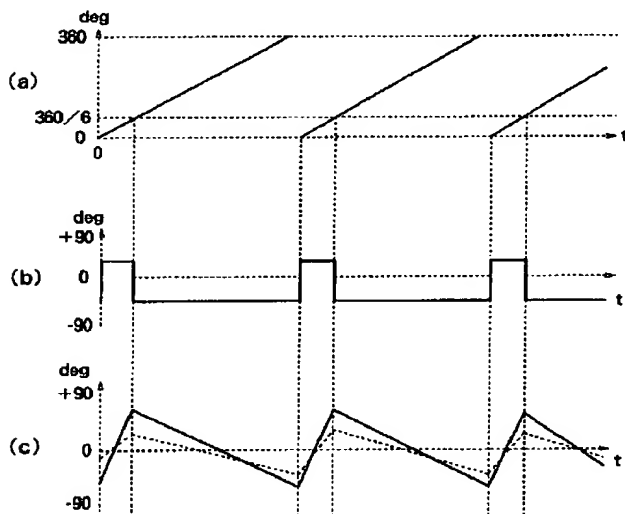
【図 15】



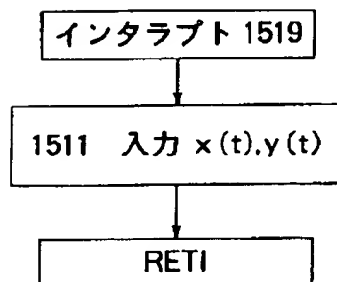
【図18】



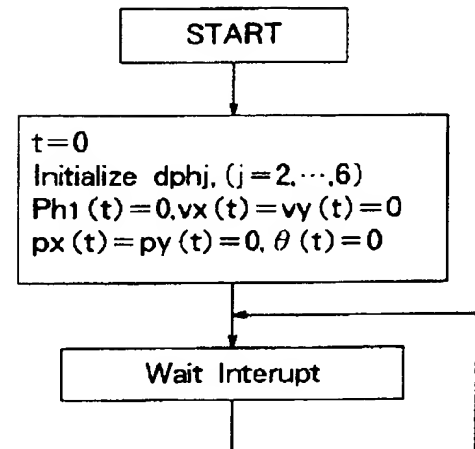
【図19】



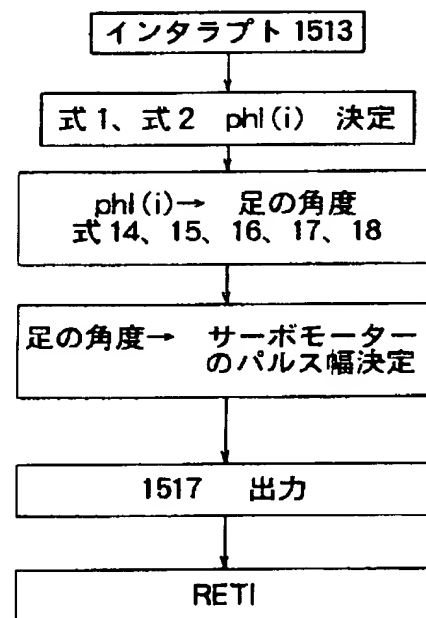
【図21】



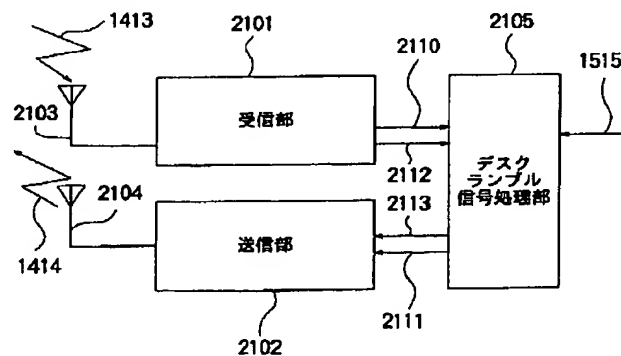
【図20】



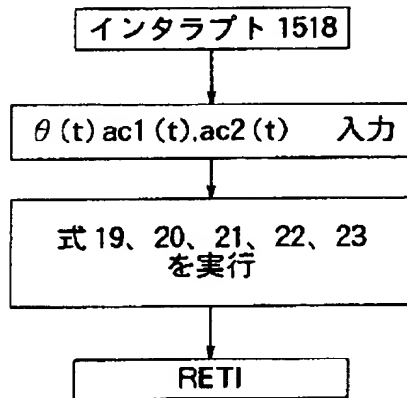
【図22】



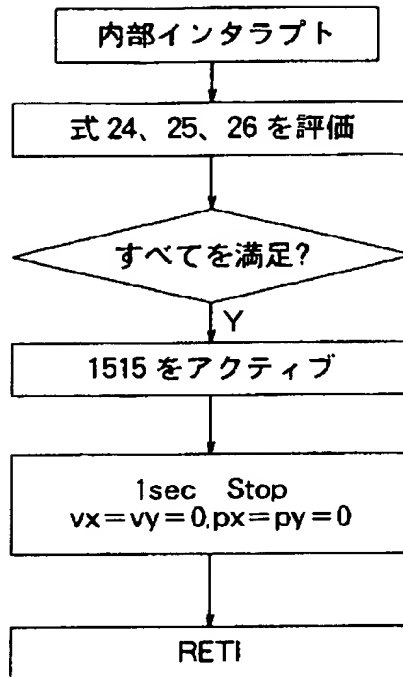
【図27】



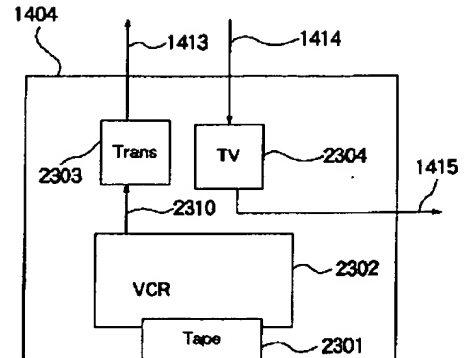
【図 2 3】



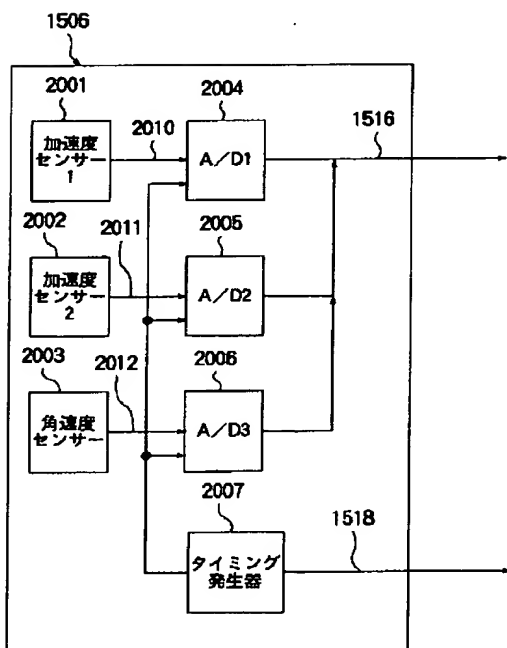
【図 2 4】



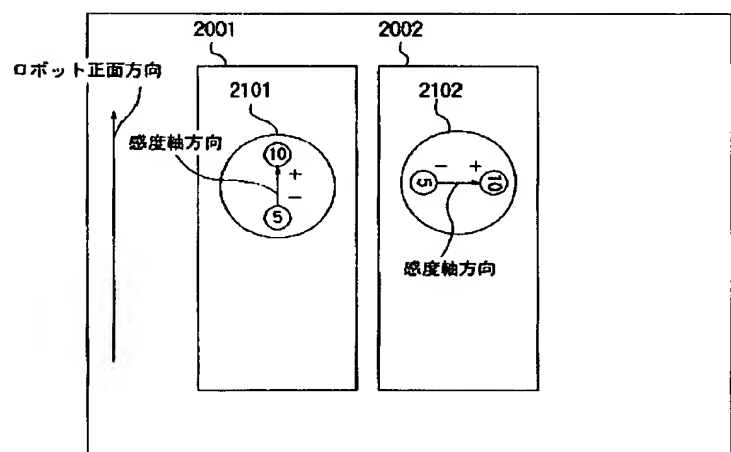
【図 2 9】



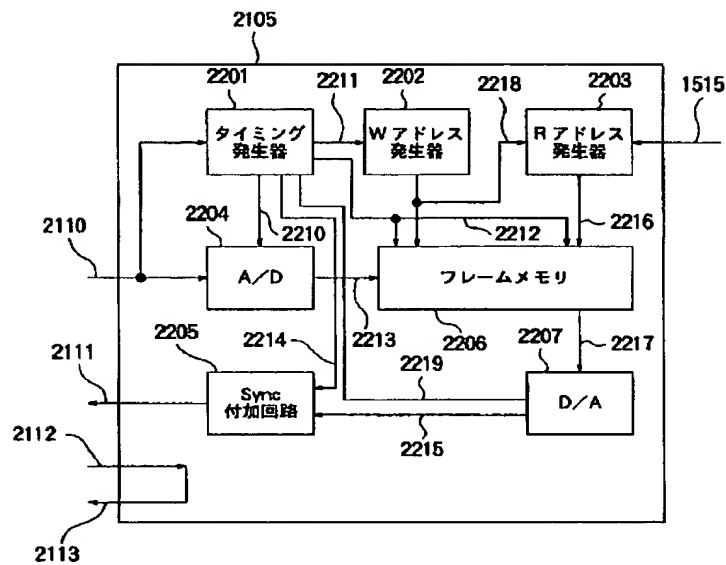
【図 2 5】



【図 2 6】



【図 2 8】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 19/4155				
G 0 5 D 1/02		Z		
G 0 6 F 15/18	5 5 0	E		
// A 6 3 H 3/33		A		